

Recherches sur le Hartrot du cocotier, maladie à *Phytomonas* (*Trypanosomatidae*) et sur son vecteur *Lincus* sp. (*Pentatomidae*) en Guyane

C. LOUISE (1), M. DOLLET (2) et D. MARIAU (3)

Résumé. — Depuis 1979, l'IRHO mène à Saut-Sabbat en Guyane française des recherches sur une maladie des cocotiers, le Hartrot, associé à la présence d'un protozoaire intraphloémique du genre *Phytomonas* (*Trypanosomatidae*). Disposant de 5 variétés différentes de cocotiers : Nains Jaunes Malaisie (NJM), Nains Rouges Cameroun (NRC), Nains Verts Guinée Equatoriale (NVE), Grands Ouest Africain (GOA) et hybrides PB-121 (GOA × NJM), des études de comportement variétal ont d'abord été entreprises avec un suivi de l'épidémiologie de la maladie. Toutes les variétés se sont révélées sensibles. Le vecteur du Hartrot en Guyane est une punaise *Pentatomidae* du genre *Lincus*, probablement *L. croupius*, mais deux autres espèces ont été signalées à Saut-Sabbat : *L. apollo* et *L. dentiger*. Des traitements répétés tous les deux mois avec du lindane ont permis d'arrêter l'extension de la maladie. Mais ce produit étant dangereux et interdit dans certaines régions, des essais avec trois autres insecticides ont été entrepris. Seule la deltaméthrine semble prometteuse. Des *Phytomonas* intralaticifères ont été trouvés chez deux espèces d'euphorbes : *Euphorbia hirta* et *Euphorbia hyssopifolia*. Mais cette contamination n'est apparue que tardivement, alors que le Hartrot avait déjà fait des ravages dans les cocotiers. Elles ne peuvent donc être incriminées comme source primaire de la maladie en Guyane.

INTRODUCTION

Le Hartrot du cocotier est connu au Surinam depuis le début du siècle [Drost, 1908]. Mais ce n'est qu'en 1976 que Parthasarathy *et al.* ont permis d'entrevoir l'origine étiologique de cette maladie en mettant en évidence la présence de *Phytomonas* (protozoaires flagellés de la famille des *Trypanosomatidae*) dans les tubes criblés du phloème de cocotiers malades.

Dans les années suivantes, des *Phytomonas* ont également été trouvés associés à des cocotiers dépérissants — avec des syndromes très proches, sinon identiques, à ceux du Hartrot — à Trinidad [Waters, 1978], en Equateur [Dollet *et al.*, 1979], en Colombie [Martinez-Lopez *et al.*, 1980], au Brésil [Bezerra et De Figueiredo, 1982] et au Costa Rica [Mc Coy *et al.*, 1984].

Le Hartrot constitue un facteur limitant pour le développement du cocotier dans plusieurs régions d'Amérique latine, car la maladie fait périr les arbres en quelques semaines en créant des foyers très importants. Des taux de mortalité atteignant 90 p. 100 en l'espace de 5 ans ont pu être ainsi enregistrés au Surinam sur de petites parcelles de 1 ha ou moins [Segeren et Alexander, 1984].

Ce type de maladie, à *Phytomonas*, constitue un des plus importants problèmes phytopathologiques de l'Amérique latine. En effet, outre le Hartrot, des *Phytomonas* intraphloémiques sont également associés spécifiquement à une maladie du palmier à huile *Elaeis guineensis*, la « Marchitez » [Dollet, *et al.*, 1977 ; Dollet et Lopez, 1978], ainsi qu'à une maladie du caféier, la « nécrose du phloème » [Stahel, 1931].

Les *Phytomonas* sont connus depuis 1909 [Lafont, 1909 ; Donovan, 1909] comme parasites du latex de plantes laticifères, *Euphorbiacées* et *Asclepiadiacées* principalement, transmis par des punaises appartenant aux familles des *Lygaeidae* ou *Coreidae* [Dollet, 1984].

En 1977, l'IRHO a planté en Guyane deux petites parcelles de 5 ha de cocotiers entourés par la forêt dans la région de Saut-Sabbat (Nord-Est) (Fig. 1). Cette cocoteraie, plantée pour constituer une « collection vivante », s'est vite révélée une excellente base d'étude du Hartrot. Cet article décrit les travaux et observations qui ont pu y être menés depuis 1979 quant à l'épidémiologie, la sensibilité variétale des cocotiers et la transmission par insecte.

I. — ÉPIDÉMIOLOGIE

1. — Le Hartrot en Guyane.

Il y a une trentaine d'années, des cocotiers plantés dans les environs de Sinnamary dépérissaient. Les symptômes ressemblaient à ceux du Hartrot, mais aucune recherche étiologique n'avait été entreprise.

En 1979, Pastel, de la Protection des Végétaux, signalait à l'IRHO l'existence d'un dépérissement subit sur cocotier dans la région de Mana et Sinnamary. L'étude symptomatologique de ce dépérissement conduisait à diagnostiquer l'existence du Hartrot en Guyane.

En avril 1981, les premiers cas de Hartrot sont repérés sur la parcelle 2 de la cocoteraie de l'IRHO à Saut-Sabbat. Vers juillet 1984, un foyer se déclare à Organabo, à une quinzaine de kilomètres à l'Est de la cocoteraie de Saut-Sabbat. Puis en janvier 1985, un nouveau foyer est signalé près de Sinnamary. Enfin, en octobre 1985, quelques cocotiers atteints de Hartrot sont trouvés à une quinzaine de

(1) Entomologiste, CIRAD/IRHO, B.P. 701, 97387 Kourou Cedex (Guyane Française).

(2) Virologue, Département IRHO — LPRC/CIRAD, B.P. 5035, 34032 Montpellier Cedex (France).

(3) Directeur de la Division Entomologie IRHO-CIRAD, B.P. 5035, 34032 Montpellier Cedex (France).

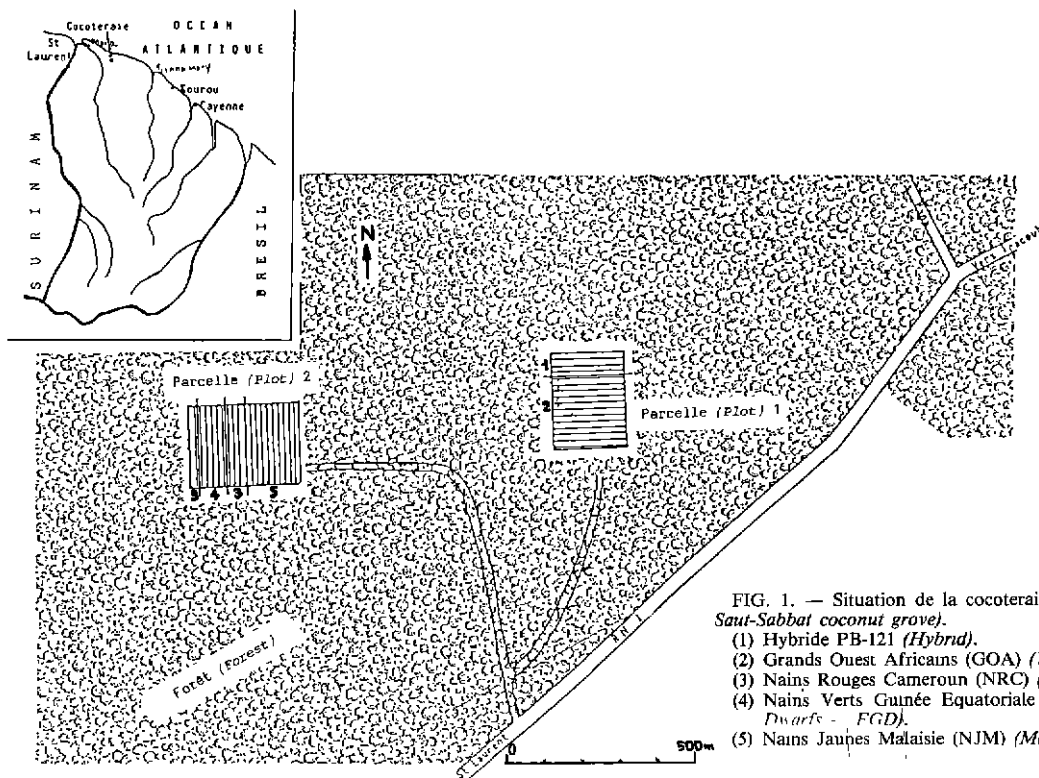


FIG. 1. — Situation de la cocoteraie de Saut-Sabbat (*Location of the Saut-Sabbat coconut grove*).

- (1) Hybride PB-121 (*Hybrid*).
- (2) Grands Ouest Africains (GOA) (*West African Talls — WAT*).
- (3) Nains Rouges Cameroun (NRC) (*Cameroon Red Dwarfs — CRD*).
- (4) Nains Verts Guinée Equatoriale (NVE) (*Equatorial Guinea Green Dwarfs — FG.D*).
- (5) Nains Jaunes Malaisie (NJM) (*Malayan Yellow Dwarf — MYD*).

kilomètres au Sud de Saint Laurent du Maroni, à la frontière du Surinam.

La maladie existe donc sur toute la bande côtière de la Guyane, du Surinam à Sinnamary, et certainement même au-delà, puisqu'elle existe au Brésil.

2. — Le Hartrot à Saut-Sabbat.

A Saut-Sabbat, cinq variétés de cocotiers sont plantées et se répartissent comme suit (Fig. 1).

Parcelle	Variété	Nombre de lignes	Nombre total de cocotiers plantés
1	Hybrides Port-Bouët 121 (PB 121) (GOA × NJM)	7	151
	Grands Ouest Africain (GOA)	24	517
2	Nains Rouges Cameroun (NRC)	10	278
	Nains Verts Guinée Equatoriale (NVE)	10	275
	Nains Jaunes Malaisie (NJM)	19	533

De trois cas en avril 1981 (deux Nains Jaunes et un Nain Vert), le Hartrot s'est développé précocement jusqu'en début 1983, à partir d'un foyer apparu dans les NVE. A cette date, 40,7 p. 100 des cocotiers de cette variété étaient malades ou morts. Dans le même temps, le Hartrot progressait beaucoup plus lentement dans les NJM et les NRC : respectivement 12,4 et 10,1 p. 100 de mortalité à la même époque (Fig. 2).

A la suite de traitements des ronds autour des cocotiers à l'endrine (solution à 0,15 p. 100 de matière active) effectués en octobre 1982, décembre 1982 et février 1983, la progression de la maladie s'est arrêtée dans les NVE et s'est fortement ralentie dans les deux autres variétés de

Nains. De février à août 1983, la mortalité a augmenté de : 0 p. 100 pour les NVE, 0,7 pour les NRC et de 3,7 p. 100 pour les NJM.

En août 1983, un nouveau foyer se déclare dans les Nains Jaunes et s'étend rapidement puisqu'en un an, la mortalité due au Hartrot sur cette variété est passée de 16,1 à 49,2 p. 100. Lorsque ce foyer atteint les Nains Rouges, sa progression s'est fortement ralentie alors qu'il continuait à s'étendre au même rythme dans les Nains Jaunes.

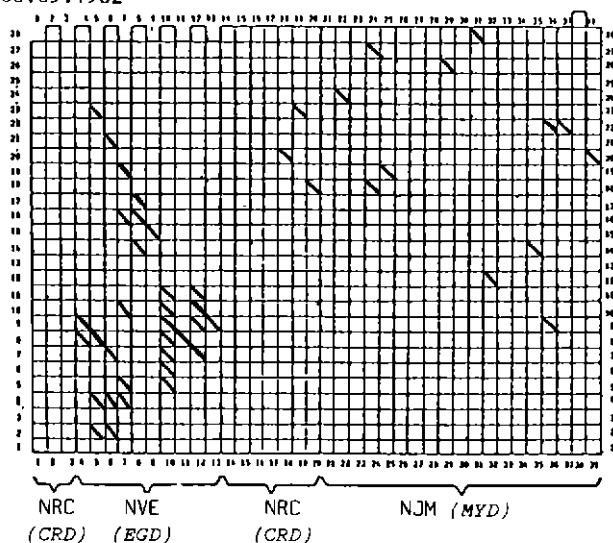
Par contre dans les Nains Verts ne sont apparus que 4 nouveaux cas de Hartrot entre février 1983 et mai 1984 (Fig. 2). C'est à cette date qu'un nouveau foyer apparaît dans cette variété et progresse rapidement. La mortalité passe de 42,2 à 57,5 p. 100 en neuf mois.

Parallèlement, sur la parcelle 1, alors que l'on n'avait trouvé que quelques cas isolés jusque-là, un foyer se déclare vers octobre 1983 dans les hybrides PB-121. Afin de suivre son évolution, aucune intervention n'est réalisée et la maladie évolue librement. Dans ces conditions, sa progression a été fulgurante puisqu'en 9 mois, elle a décimé la quasi-totalité des cocotiers hybrides.

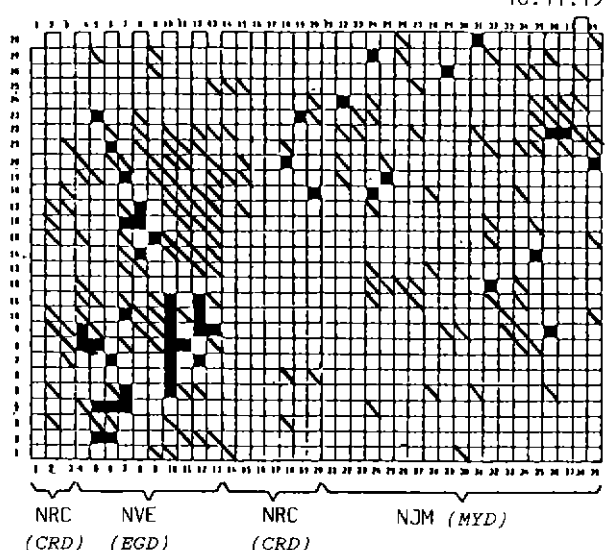
La maladie a progressé beaucoup moins rapidement sur GOA. Si l'on compare l'évolution sur les lignes d'hybrides 6 et 7, voisines des GOA et sur les lignes de GOA 8, 9 et 10, voisines des hybrides, nous avons le 13 mars 1984 un nombre comparable de cocotiers apparemment sains, respectivement 33 et 31. La progression du Hartrot sur ces lignes est résumée ci-dessous pour les 4 mois suivants :

Variété	Nbre de cocotiers initiaux	Cas de Hartrot du 13/03 au 14/05		Cas de Hartrot du 14/05 au 17/07		Total cumulé	
		Nbre	p. 100	Nbre	p. 100	Nbre	p. 100
PB-121	33	12	36	17	52	29	88
GOA	31	2	6	4	13	6	19

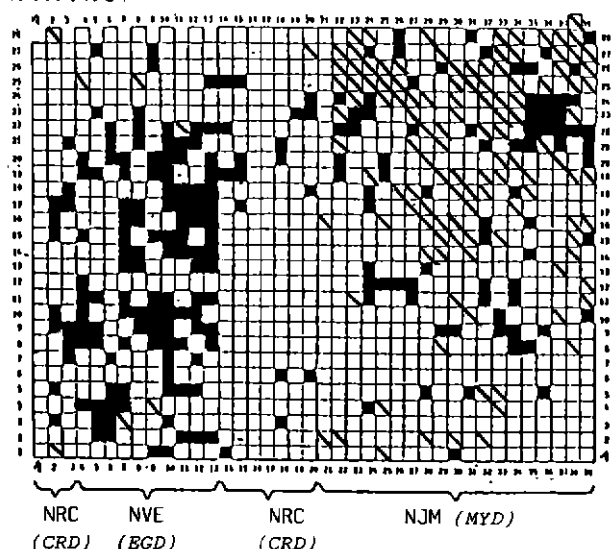
08.05.1982



10.11.1983



15.05.1984



10.05.1985

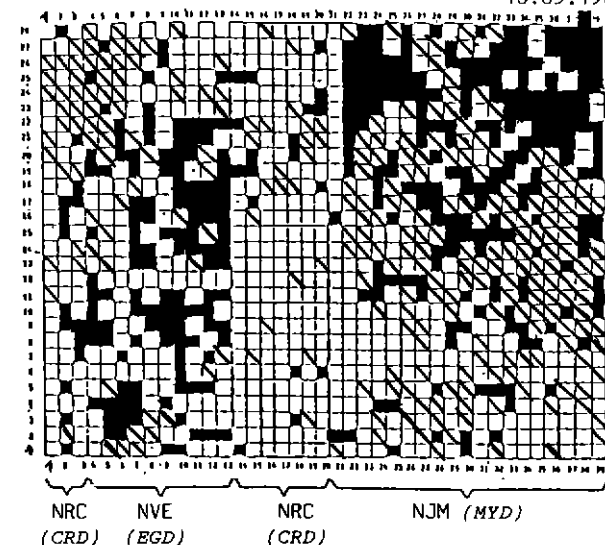


FIG. 2. — Evolution du Hartrot sur la parcelle 2 (Evolution of Hartrot on plot 2).

■ : Malades ou morts sur le relevé précédent (Diseased or dead from the preceding recording).
 □ : Nouveaux cas (New cases).

Ce n'est que plus tard, en février 1985, que le foyer a commencé à s'étendre rapidement dans les GOA.

D'une manière générale, le Hartrot est apparu à Saut-Sabbat alors que les arbres avaient 4 ou 5 ans. Il se manifeste d'abord par quelques cas isolés. Après un temps plus ou moins long suivant les variétés, un foyer apparaît et progresse rapidement jusqu'à l'élimination quasi complète des cocotiers.

II. — SENSIBILITÉ VARIÉTALE

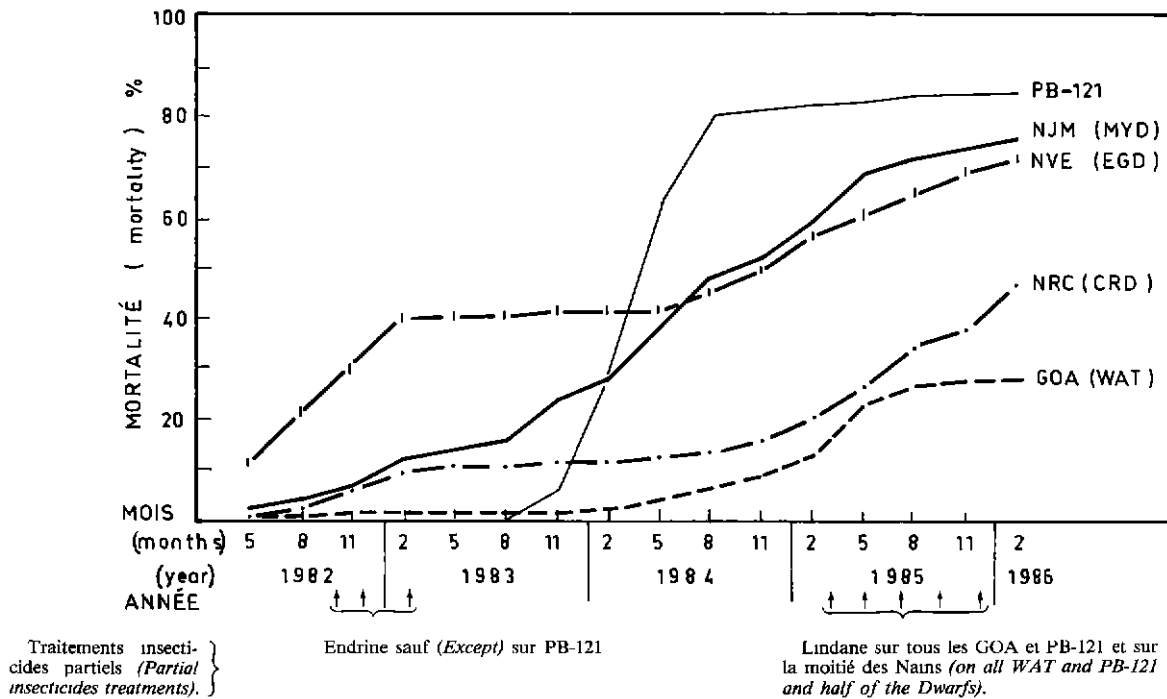
Toutes les variétés étudiées : Nain Jaune Malaisie (NJM), Nain Rouge Cameroun (NRC), Nain Vert Guinée

Equatoriale (NVE), Grand Ouest Africain (GOA), et hybride Port-Bouët 121 (PB-121), sont sensibles au Hartrot. Et il est probable qu'il ne resterait pratiquement plus de cocotiers si aucun traitement insecticide n'avait été fait (Fig. 3).

La progression de la maladie est sensiblement la même dans les différentes variétés, la principale différence étant le moment où apparaît le foyer qui va s'étendre rapidement par la suite.

On peut également remarquer que certains cocotiers ne tombent malades que bien après leurs voisins.

Par ailleurs, sur la parcelle 2, il reste deux Nains Jaunes dans une zone dévastée par la maladie depuis plusieurs mois. Ces cocotiers n'ont reçu aucun traitement depuis plus d'un an et demi et ne sont toujours pas malades...

FIG. 3. — Evolution de la mortalité due au Hartrot suivant les variétés (*Evolution of mortality due to Hartrot according to variety*).

III. — ESSAIS DE TRANSMISSION PAR INSECTES

Les *Phytomonas* des plantes laticifères étant transmis par punaises [Dollet, 1984], c'est sur cette famille d'insectes que les recherches des vecteurs de la Marchitez du palmier à huile et du Hartrot du cocotier ont été orientées. Ces recherches conduisaient, après avoir suivi plusieurs fausses pistes, à la mise en évidence d'une punaise, hémiptère Pentatomidae, du genre *Lincus*, aussi bien sur des palmiers à huile atteints de Marchitez en Equateur, que sur cocotiers atteints de Hartrot en Guyane [Desmier de Chenon *et al.*, 1983 ; Desmier de Chenon, 1984]. Afin de démontrer leur rôle dans la transmission du Hartrot, des essais de transmission sous cage ont été entrepris.

Deux cages de 5 m de côté au sol et 3 m de hauteur ont été construites avec une armature de bois habillée de moustiquaire métallique. Dans chaque cage, on a planté 8 NJM et 8 NVE, suivant le schéma donné à la figure 4. Un paillage fait d'herbes séchées a été disposé au pied de chaque cocotier qui avait environ 18 mois au début de l'expérience.

Les punaises ont été récoltées sur la parcelle 2 au niveau des trois palmes les plus basses de chaque cocotier, malade ou pas. Chaque récolte était lâchée sur un cocotier de la cage n° 1, différent à chaque fois. La cage n° 2, sans introduction d'insectes, servait de témoin.

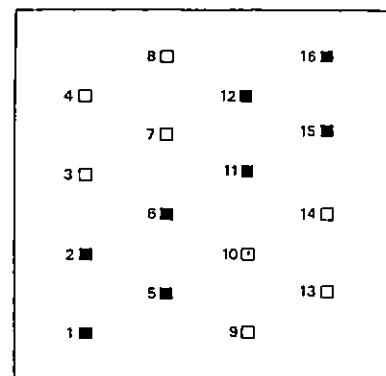
Les lâchers ont commencé le 5 novembre 1984. En un an, 2 873 larves et 832 adultes de *Lincus* ont ainsi été introduits dans la cage n° 1.

Le premier cas de Hartrot est apparu en mars 1985 sur le cocotier n° 5, soit seulement 4 mois après le premier lâcher de punaises sur ce cocotier. En fait, il est probable que, lors de la première introduction de *Lincus* dans la cage, deux semaines avant, sur le cocotier n° 1, des punaises

sont passées sur les cocotiers voisins (2 et 5). Ceci nous donne alors une période d'incubation de 4,5 mois pour le cocotier n° 5.

Pour les autres cas, nous obtenons une période d'incubation calculée (temps écoulé entre le premier lâcher de punaises sur le cocotier et l'apparition des symptômes) de 6 à 8 mois en général. Seule exception, le n° 14 a extériorisé la maladie presque un an après le premier lâcher sur ce cocotier. En fait, il est probable qu'il n'a pas été contaminé à ce moment-là, mais lors d'un deuxième apport de *Lincus* qui a eu lieu le 19 avril 1985 sur ce même cocotier 14. Si nous admettons la contamination du plant seulement à cette date, nous trouvons une période d'incubation de 8,5 mois.

Seize mois après le début de l'expérience, 11 cocotiers sur les 16 initiaux sont morts de Hartrot dans la cage de lâchers, alors que les 16 cocotiers de la cage témoin (n° 2)

FIG. 4. — Disposition des cocotiers dans la cage (*Distribution of coco-nuts in the cage*).

□ : Nains Jaunes Malaisie (Malayan Yellow Dwarfs).

■ : Nains Verts Guinée Equatoriale (Equatorial Guinea Green Dwarfs).

sont indemnes. Parmi les 11 morts, on trouve les 8 NVE et seulement 3 NJM.

Il semble donc qu'au moins à cet âge, les Nains Verts soient plus sensibles au Hartrot que les Nains Jaunes.

Pendant les premiers mois d'introduction des punaises du genre *Lincus* dans les cages, aucune attention particulière n'a été portée à la détermination spécifique de chaque insecte introduit, car il ne semblait exister qu'une seule espèce. Puis les résultats de déterminations de spécialistes nous ont appris qu'il existait sur le site de Saut-Sabbat au moins 3 espèces différentes : *L. croupius* Rolston, *L. apollo* Dolling [Dolling, 1984] et *L. dentiger* Breddin [Morin, Males, communication personnelle].

Le contrôle des espèces introduites a donc été effectué à partir de mars 1985 après l'apparition du premier cas. De cette date à la fin des introductions, seule l'espèce *L. croupius* semble avoir été introduite. De nouvelles études sont donc en cours pour savoir : 1 — s'il y a des variations des populations des différentes espèces de *Lincus* dans la cocoteraie de Saut-Sabbat au cours de l'année, 2 — si toutes les espèces sont vectrices ou pas, par introductions monospécifiques rigoureusement contrôlées en cage.

IV. — ÉTUDE DU COMPORTEMENT DE *LINCUS* SP. VECTEUR DU HARTROT EN GUYANE

Les observations de comportement que nous avons effectuées semblent, d'après les déterminations réalisées en cours d'étude, concerner uniquement *L. croupius*.

Les *Lincus* sp. se rencontrent sur le cocotier au niveau des gaines foliaires. Les punaises se tiennent préférentiellement à la face inférieure des bases pétiolaires et dans les toiles, mais on peut les trouver également à la partie supérieure de la base pétiolaire.

Afin de déterminer la répartition de la population de punaises à l'intérieur d'un cocotier, 35 cocotiers malades de Hartrot ont été entièrement effeuillés et le nombre de *Lincus* trouvés par palme a été noté. Le résultat est donné à la figure 5. Il porte sur une population de 327 adultes et 1 819 larves.

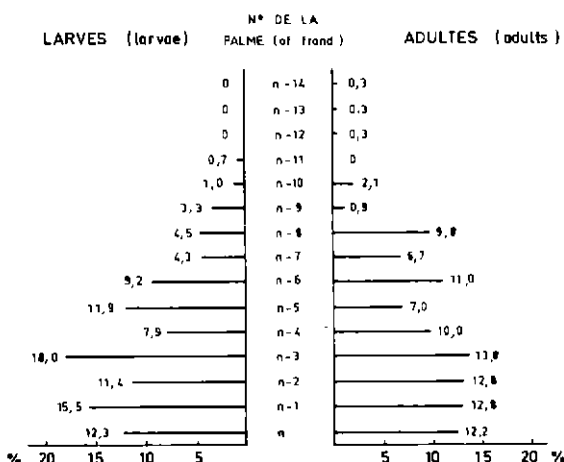


FIG. 5. — Répartition de la population de *Lincus* par palme (*Distribution of the Lincus population per frond*) (en p. 100 de la population totale — p. 100 of total population). La palme de rang n est la palme inférieure du cocotier. La palme de rang n-1 est celle située immédiatement au-dessus, etc. (*Frond n is the lowest frond, frond n-1 is that found directly above it, etc.*).

Il apparaît que la population se concentre dans la partie basse de la couronne foliaire puisque l'on trouve 86,2 p. 100 des larves et 79,6 p. 100 des adultes sur les sept palmes inférieures.

En fait, *Lincus* semble lié au milieu « terricole » qui se forme dans les gaines foliaires et qui est constitué, entre autre, par les restes des fleurs mâles. Au fur et à mesure que ce milieu s'appauvrit en remontant dans le cocotier, les punaises se raréfient et disparaissent dès que les bases foliaires sont « propres ».

De même, lors des lâchers dans la cage, les punaises étaient retrouvées, dans un premier temps, dans le paillage disposé au pied du cocotier. Puis, au fur et à mesure que le milieu terricole se formait, elles ont colonisé les plants.

Ce biotope particulier auquel *Lincus* semble inféodé peut être une explication au fait que la maladie n'apparaît généralement au champ que lorsque les cocotiers ont 4 ou 5 ans. En effet, ce milieu n'existe pas sur de jeunes cocotiers. Mais des cas de Hartrot sur des cocotiers de moins de 2 ans ont pu être observés au Surinam [Alexander, Dollet ; observations non publiées].

Par ailleurs, les cocotiers sont bien sensibles au Hartrot dès l'âge de deux ans, comme l'a montré l'expérience de transmission en cages.

Il faut remarquer cependant que l'insecte peut se trouver, mais très rarement, en dehors de ce biotope, sous le rachis d'une palme haute en pleine journée ou à la base des folioles d'une palme, à environ un tiers de sa longueur.

Des punaises ont été marquées sur les ailes antérieures et le prothorax avec des taches de vernis à ongle avant d'être lâchées dans la cage. Ainsi, on a constaté que *Lincus* se déplace très peu, et le plus souvent les déplacements ont lieu d'un cocotier où la population est faible vers un à plus forte population, comme s'il y avait un effet attractif des insectes entre eux. D'ailleurs, on les trouve souvent en petites colonies sur le terrain. Il semblerait que *Lincus* produise une substance d'agrégation.

Les œufs sont pondus en chapelet constitué, généralement, de 7 à 9 œufs. On les trouve également dans les gaines foliaires, le plus souvent à la face inférieure des bases pédonculaires. On en connaît un parasite : un hyménoptère *Scelionidae* du genre *Telenomus*.

V. — LUTTE CHIMIQUE

Compte tenu des résultats obtenus contre la Marchitez du palmier à huile [Lopez *et al.*, 1975], des traitements à l'endrine ont été entrepris fin 1982, et début 1983 (Fig. 3).

Mais ce produit est interdit d'usage agricole en Guyane française et les essais n'ont pu être poursuivis faute de produit.

Des traitements systématiques tous les deux mois ont été entrepris à partir de mars 1985. Le produit utilisé est alors du Prodactif 90, à 90 p. 100 de lindane. L'ensemble des bases pétiolaires est traité ainsi que le rond au pied du cocotier. On pulvérise environ 3,5 l d'une solution à 1 g/l de produit commercial par arbre.

La totalité de la parcelle 1 et les 14 premiers cocotiers de chaque ligne de la parcelle 2 sont traités. L'autre moitié de la parcelle 2 sert à fournir du matériel, punaises en particulier, pour les essais de transmission sous cage.

Le résultat obtenu est très significatif sur la parcelle 1 (Fig. 6) ; la progression de la maladie est pratiquement

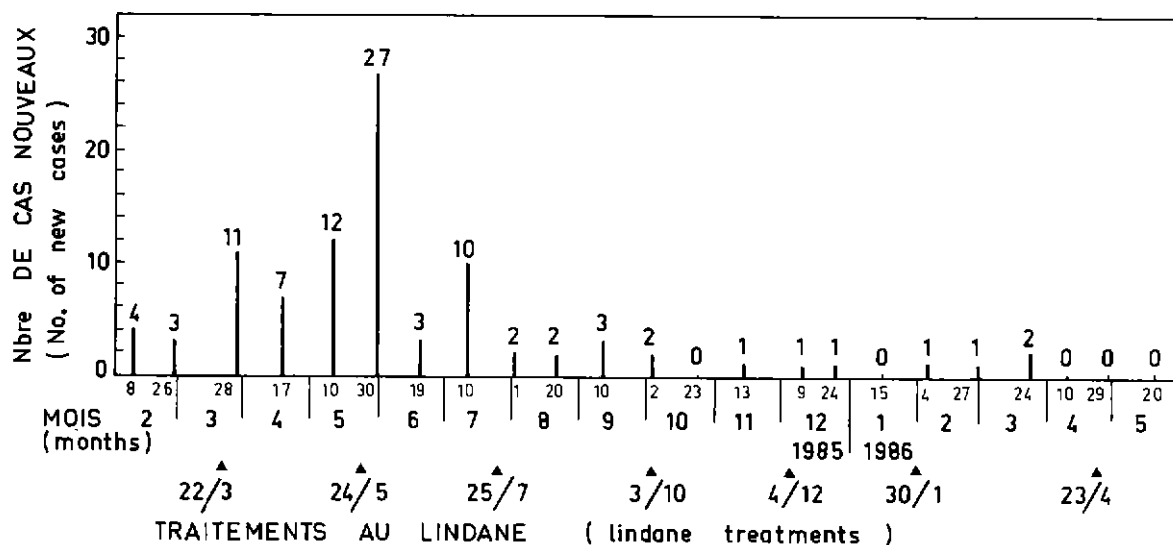


FIG. 6. — Apparition des nouveaux cas de Hartrot dans les Grands Ouest Africain (New cases of Hartrot on West African Tall) (De février 1985 à mai 1986-from February 1985 to May 1986).

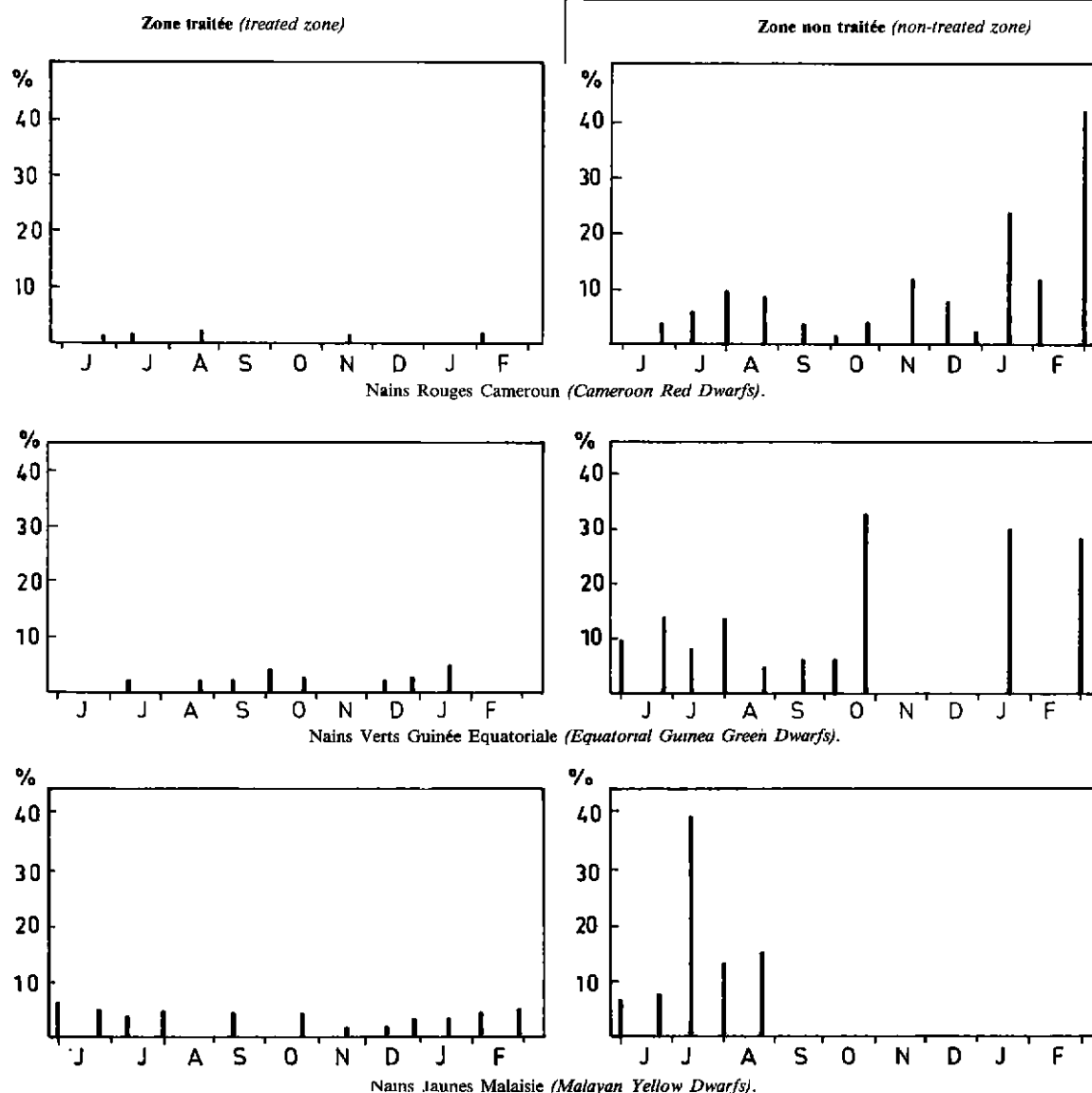


FIG. 7. — Comparaison des zones traitée et non traitée sur la parcelle 2 (Comparison of treated and non-treated zones on plot 2).

En ordonnée : rapport exprimé en p. 100 du nombre de cas nouveaux de Hartrot sur le nombre de cocotiers apparemment sains en début de période pour la zone considérée (Y-axis : Relationship expressed as a p. 100 of the number of new cases of Hartrot over the number of apparently healthy coconuts at the beginning of the period for the zone in question).

arrêtée depuis le mois d'octobre soit 6,5 à 7 mois après le premier traitement. On trouve ici une période d'incubation de même ordre que celle obtenue avec les contaminations sous cage.

D'octobre 1985 à mars 1986, il y a eu un nouveau cas de Hartrot par mois pour l'ensemble de la parcelle 1. Ceci peut s'expliquer simplement : vu la petite taille de la parcelle, quelques punaises peuvent la recoloniser à partir de la forêt avoisinante entre deux traitements.

Pour la parcelle 2 : les résultats globaux sont moins spectaculaires (Fig. 3). Mais si l'on compare les zones — traitée et non traitée — (Fig. 7), on constate une évolution du Hartrot beaucoup plus rapide dans la zone non traitée.

Par ailleurs, des relevés mensuels de *Lincus* ont été faits sur l'ensemble de la parcelle 2. Avant la mise en place de traitements systématiques, la population était assez abondante (Tabl. I) et répartie de façon assez homogène : le total des relevés de novembre 1984 à mars 1985 nous donne une moyenne de 1,49 larve et 0,48 adulte par cocotier pour la zone qui allait être traitée, contre 1,30 larve et 0,81 adulte pour la zone témoin.

Dès que les traitements ont commencé, les populations de *Lincus* ont pratiquement disparu de la zone traitée (Tabl. I) : 0,09 larve et 0,02 adulte par cocotier, alors qu'elle augmente sensiblement dans la zone non traitée : 4,34 larves et 1,97 adulte par cocotier en moyenne. La population n'a pourtant pas disparu dans la partie traitée : on y trouve encore quelques insectes sporadiques. Mais les punaises recolonisent l'ensemble de la parcelle entre deux traitements, à partir de l'important foyer que constitue la partie non traitée. Ceci explique sans aucun doute la progression relativement rapide de la maladie que l'on trouve même encore actuellement dans la zone traitée, en opposition avec ce que l'on observe sur la parcelle 1.

Nous disposons donc d'un produit qui peut se substituer à l'endrine dans la lutte contre le Hartrot. Malheureusement, comme d'autres organochlorés, le lindane est un produit dangereux par ses effets d'accumulation et sa concentration dans les chaînes alimentaires ; il est donc inter-

dit d'usage agricole dans certains pays (Brésil notamment) où sévit cette maladie. On a alors essayé d'autres produits : trois ont été choisis parmi la gamme disponible sur place, le lindane servant de témoin.

Les essais ont eu lieu sur des cocotiers malades de Hartrot. Un examen préliminaire rapide sur la ou les deux palmes inférieures a permis d'avoir une idée de la population de *Lincus* dans les arbres traités. Les 16 cocotiers retenus (4 par produit) ont reçu 3,5 litres d'une solution d'insecticide à la concentration voulue ; 8 à 10 jours après le traitement, les arbres ont été entièrement effeuillés et les punaises trouvées comptées par palme. Le résultat est présenté au tableau II.

Le diazinon et le diméthoate sont inefficaces contre *Lincus*, puisque l'on retrouve respectivement 79 et 90 p. 100 de la population de punaises vivantes après le traitement. Par contre, la deltaméthrine et le lindane ont une bonne efficacité. Il faut noter que la deltaméthrine était utilisée dans ce cas à une dose deux à quatre fois plus importante que celle utilisée habituellement. Mais des essais récents ont montré son efficacité contre *Lincus* à une dose de 2 g m.a./l.

VI. — RÔLE DES ADVENTICES DANS L'ÉPIDÉMIOLOGIE DU HARTROT

L'examen du latex d'Euphorbiacées ou d'Asclepiadiacées dans et autour des cocoteraies affectées par le Hartrot ou des palmeraies affectées par la Marchitez en Equateur, a montré l'existence de *Phytomonas* dans les adventices des deux genres *Euphorbia* et *Asclepias* [Dollet *et al.*, 1979].

Les caractéristiques morphologiques de ces *Phytomonas* intralaticifères d'adventices sont identiques à celles des *Phytomonas* intraphloémiques des palmiers et cocotiers. L'étude morphologique par ordinateur en analyses discriminantes et en composantes principales ne permet pas de

TABLEAU I. — Suivi de la population de *Lincus* (1) relevée sur les trois palmes inférieures des cocotiers, parcelle 2
(Monitoring of the *Lincus* (1) population counted on the three lowest coconut fronds, plot 2)

Mois (Month)	Zone traitée (Treated zone)			Zone non traitée (Non-treated zone)		
	Nb de cocotiers visités (No. of coconuts visited)	Nb de larves trouvées (No. of larvae found)	Nb d'adultes trouvés (No. of adults found)	Nb de cocotiers visités (No. of coconuts visited)	Nb de larves trouvées (No. of larvae found)	Nb d'adultes trouvés (No. of adults found)
Nov. 1984	98	2,56	0,56	75	0,81	0,53
Déc. 1984	55	0,24	0,27	29	0	0,10
Jan. 1985	80	1,04	0,52	45	2,49	1,49
Fév. (Feb.) 1985	43	1,93	0,67	25	2,04	1,40
Mars (March) 1985	24	0,75	0,08	8	1,5	0,25
Avr. 1985	87	0,24	0,06	42	1,88	1,50
Mai (May) 1985	38	0	0,03	28	5,86	2,00
Juin (June) 1985	61	0	0	27	6,15	1,70
Oct. 1985	60	0,02	0	22	4,91	3,18

→ = Début des traitements (Beginning of treatments).

(1) Les nombres d'insectes donnés sont les moyennes de *Lincus* trouvés par cocotier =
$$\frac{\text{Nbre total d'insectes trouvés}}{\text{Nbre de cocotiers visités}}$$

(The number of insects given is the mean number of *Lincus* found per coconut =
$$\frac{\text{Total number of insects found}}{\text{Number of coconuts visited}}$$

TABLEAU II. — Comparaison de l'efficacité de quatre insecticides contre *Lincus*
(Comparison of the effectiveness of four insecticides used to control *Lincus*)

Produit commercial (Commercial product)		Decis	Prodiaz 20 CE	Perfekthion	Productif 90
Matière active (Active ingredient)		deltaméthrine	diazinon	diméthoate	lindane
Concentration utilisée (used) gm.a. (a. i.)/l		0,04	1	0,6	0,9
Population totale retrouvée (Total population found)	larves (larvae)	51	310	236	33
	adultes (adults)	49	61	60	30
Morts (Dead) — P. 100 —	larves (larvae)	84	14	8	67
	adultes (adults)	98	54	17	100
	Total	91	21	10	82

faire des distinctions nettes entre ces différents organismes [Cambrony *et al.*, 1981].

Nous avons donc suivi depuis 1979 l'évolution des adventices à latex sur la cocoteraie de Saut-Sabbat en Guyane. Les Euphorbiacées ont commencé à devenir abondantes en 1982. A cette date, on pouvait noter par exemple des tapis d'*Euphorbia hirta* dans les foyers de maladies sur cocotier NV, dans les zones éclaircies par la mort des cocotiers ; on décelait, en moindre importance, des zones recouvertes d'*E. prostata* et des *E. hyssopifolia* dans les chemins d'accès. Mais les examens du latex de ces plantes ne révélait pas de *Phytomonas* en 1982. Ce n'est qu'au début de 1985 que nous avons pu pour la première fois observer des *Phytomonas* dans *E. hyssopifolia* et *E. hirta* dans la cocoteraie de Saut-Sabbat. Par contre, les autres euphorbiacées présentes à ce moment-là, *E. heterophylla*, *Croton hirtus* et *Phyllanthus urinaria* n'en contenaient pas. Il faut noter qu'à cette époque, la parcelle 1 était pratiquement en sol nu (*Pueraria* et andains enlevés) et de très nombreux *Croton hirtus* et *E. hyssopifolia* y poussaient.

Différentes espèces de punaises fréquentent les plantes adventices de cette cocoteraie, entre autres :

- Coreides *Hypselonotus fulvus* De Geer sur *Croton hirtus* ;
- Coreides *Hypselonotus interruptus* Hahn sur *Cuphea* sp. ;
- Coreides *Chariesterus cuspidatus* Distant sur *E. hyssopifolia*.

Les touffes de *Croton hirtus* et *E. hyssopifolia* étant parfois mélangées, on trouve quelquefois des *H. fulvus* sur *E. hyssopifolia*.

Quant à *C. cuspidatus*, il avait été soupçonné dès 1924 par Strong comme vecteur de *Phytomonas* d'euphorbes en Colombie et au Panama.

Les contrôles de présence de *Phytomonas* dans les plantes à latex dans cette cocoteraie entre 1979 et 1982 n'ont évidemment pas pu être exhaustifs. Il semble bien cependant que ces plantes ont été colonisées par des *Phytomonas* bien après que le Hartrot se soit propagé.

Plusieurs questions peuvent donc se poser :

- Les *Phytomonas* parasites d'euphorbe sont-ils les

mêmes que ceux des cocotiers ? Dans l'affirmative, les adventices n'auraient joué aucun rôle dans la phase initiale de la contamination de la parcelle, mais elles pourraient jouer le rôle de plantes relais par la suite.

— Comment se ferait le passage des *Phytomonas* du milieu phloémique des cocotiers au milieu laticifère ou inversement ? Les *Lincus* n'ont jamais été trouvés sur des plantes adventices de la cocoteraie. Existe-t-il alors un insecte Lygaeide ou Coreide capable à la fois de piquer au niveau des tubes laticifères et éventuellement — accidentellement même — au niveau des tubes criblés de cocotier ? Dans ce deuxième cas, *Lincus* sp. serait le vecteur-relais après infection primaire par un autre vecteur.

— Ou bien existe-t-il deux systèmes complètement indépendants : 1°) *Phytomonas* d'euphorbes — vecteurs spécifiques (Lygaeides Coreides), et 2°) *Phytomonas* sp. de cocotier — *Lincus* (+ ? réservoir).

Au Surinam, de nombreuses plantes à latex ont été trouvées parasitées par des *Phytomonas* près ou dans les cocoteraies. Une Moracée sans latex — *Cecropia surinamensis* — en héberge également [Kastelein *et al.*, 1984].

Deux palmiers sauvages peuvent également être atteints par des dépérissements associés à des *Phytomonas* : *Maximiliana maripa* (Mart.) Drude au Surinam [Van Slobbe *et al.*, 1978] et *Attalea funifera* Mart. au Brésil [Bezerra et Oliveira, 1983].

En Guyane, certains palmiers sauvages présentent des symptômes de brunissement et dessèchement des palmes basses. Des examens approfondis pour la détection de *Phytomonas* devraient être entrepris.

CONCLUSION

L'étude du Hartrot sur la cocoteraie de Saut-Sabbat, en Guyane, a permis d'améliorer considérablement les connaissances sur le Hartrot du cocotier.

Le premier élément d'intérêt concerne le comportement variétal des cocotiers. Malheureusement, à ce niveau, on ne peut que constater la sensibilité des variétés étudiées

(NVE, NRC, NJM, GOA et hybride GOA × NJM) (1). De nouvelles variétés ont donc été plantées en 1985, sur un autre site, pour tester leur sensibilité : Grand du Vanuatu, Grand de Malaisie, Grand de Rennell, Grand de Polynésie. Des cocotiers Grands locaux, NVE, NRC et NJM servent de témoins. Par ailleurs, de nouvelles introductions seront réalisées fin 1986.

Le second élément majeur de cette étude réside dans la preuve expérimentale du rôle des punaises *Lincus* dans la vécution du Hartrot. Les punaises du genre *Lincus* apparaissent ainsi étroitement liées à la propagation des maladies à *Phytomonas* intraphloémiques en Amérique latine. Stahel avait déjà soupçonné en 1954 une espèce de *Lincus*, *L. spathuliger*, comme possible vecteur de la nécrose du phloème du caféier au Surinam. *Lincus*, probablement *L. lethifer*, est vecteur de la Marchitez en Equateur [Perthuis *et al.*, 1985].

Mais d'autres espèces de *Lincus* ont été trouvées dans les cocoteraies et palmeraies affectées par des maladies à *Phytomonas* en Amérique du Sud :

— *L. vandoesburgi* et *L. lamelliger* au Surinam [J. Asgarali, communication personnelle],

— *L. apollo* et *L. dentiger* en Guyane,

— *L. lobuliger* et *L. spathuliger* au Brésil [J.P. Morin, communication personnelle].

Cette éventuelle unicité dans le genre des vecteurs de ces trois maladies du caféier, du cocotier et du palmier à huile signifie-t-elle qu'il n'existe qu'un seul et même agent pathogène du Pérou au Brésil en passant par la Colombie et le Costa Rica ? Pour répondre à cette question, il faudrait pouvoir caractériser les *Phytomonas* intraphloémiques. Mais les échecs enregistrés jusqu'à ce jour dans leur culture *in vitro* [Dollet, 1984] rendent cette approche diffi-

cile. Ces échecs empêchent également de se prononcer sérieusement sur la relation entre les *Phytomonas* d'adventices et les *Phytomonas* de cocotier. Les premiers essais de caractérisation sérologique, à l'aide d'anticorps polyclonaux ou monoclonaux d'une souche de *Phytomonas* d'euphorbe ne permettent pas de conclure franchement [Petry *et al.*, 1985].

Enfin, le dernier résultat enregistré dans cette étude montre qu'il est possible de freiner la propagation du Hartrot et probablement la stopper sur une grande surface type plantation industrielle où la pression de contamination venant de la forêt sera moins forte. Les vecteurs potentiels du genre *Lincus* font l'objet de tests de sensibilité à différents insecticides dans d'autres régions d'Amérique latine et des traitements préventifs efficaces peuvent être effectués en fonction des niveaux de population de ces insectes, à une fréquence déterminée en fonction de la vitesse de recontamination des parcelles par les insectes. Mais des essais complémentaires sont nécessaires pour rationaliser ces traitements. D'autre part, l'utilisation d'organochlorés ne peut être qu'une solution transitoire (interdictions d'utilisation dans plusieurs pays, toxicité pour l'environnement). Il est indispensable d'avoir d'autres insecticides en réserve, en attendant la mise au point de méthodes de lutte intégrée utilisant les résultats acquis au niveau des variétés tolérantes, des plantes réservoir, du comportement de l'insecte, de ses parasites, etc.

Remerciements. — Nous tenons à remercier M. P. Cario pour sa collaboration technique efficace dans les recherches entomologiques, et M. C. Couturier pour sa participation aux observations initiales.

Une partie de ce travail a été subventionnée par la Commission des Communautés Européennes : programme R et D Sciences et technique au service du développement, 1983-1986, TSD-F-080.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] BEZERRA J. L., DE FIGUEIREDO J. M. (1982). — Ocorrência de *Phytomonas staheli* McGhee & McGhee em coqueiro (*Cocos nucifera* L.) no estado da Bahia, Brasil. *Fitopatologia brasileira*, 7, p. 139-143.
- [2] BEZERRA J. L., OLIVEIRA D. P. (1983). — *Phytomonas staheli* em piaçaveira (*Attalea funifera* Mart.) na Bahia, Brasil. *Informe Técnico*, CEPLAC/CEPEC, Brasil, p. 226.
- [3] CAMBRONY D., BONNOT F., DOLLET M. (1981). — Etude morphologique et comparaison des protozoaires flagellés (*Phytomonas*) associés à la Marchitez du palmier à huile et de ceux hébergés par les plantes à latex (Euphorbiacées, Asclépiadiacées). Résumés des Communications. *Colloque Int. Prot. Cult. Trop.* Lyon (Fr.), p. 65.
- [4] DESMIER de CHENON (R.) (1984). — Recherches sur le genre *Lincus* Stål, *Hemiptera Pentatomidae Discocephalinae*, et son rôle éventuel dans la transmission de la Marchitez du palmier à huile et du Hartrot du cocotier (bilingue fr.-angl.). *Oléagineux*, 39, N° 1, p. 1-6.
- [5] DESMIER de CHENON R., MERLAND E., GENTY P., MORIN J. P., DOLLET M. (1983). — Research on the genus *Lincus*, *Pentatomidae Discocephalinae*, and its possible role in the transmission of the Marchitez of oil palm and hartrot of coconut. *IV Reun. del Com. Tec. Reg. Sanidad Vegetal SARH-IICA*, Cancun, Mexico.
- [6] DOLLET M. (1984). — Plant diseases caused by flagellate protozoa (*Phytomonas*). *Ann. Rev. Phytopathol.*, 22, p. 115-132.
- [7] DOLLET M., GIANNOTTI J., OLLAGNIER M. (1977). — Observation de protozoaires flagellés dans les tubes criblés de palmiers à huile malades. *C. R. Acad. Sci. Paris, Fr.*, 284, p. 643-645.
- [8] DOLLET M., LOPEZ G. (1978). — Etude sur l'association de protozoaires flagellés à la Marchitez sorpresiva du palmier à huile en Amérique du Sud (bilingue fr.-angl.). *Oléagineux*, 33, N° 5, p. 209-217.
- [9] DOLLET M., LOPEZ G., GENTY P., DZIDO J. L. (1979). — Recherches actuelles de l'IRHO sur les dépérissements du cocotier et du palmier à huile en Amérique du Sud, associés aux protozoaires flagellés intraphloémiques (*Phytomonas*) (bilingue fr.-angl.). *Oléagineux*, 34, N° 10, p. 449-452.
- [10] DOLLING W. R. (1984). — Pentatomid bugs (*Hemiptera*) that transmit a flagellate disease of cultivated palms in South America. *Bull. Ent. Res.*, 74, p. 473-476.
- [11] DONOVAN C. (1909). — Kala-azar in Madras, especially with regard to its connexion with the dog and the bug (*Conorrhinus*). *Lancet*, 177, p. 1495-1496.
- [12] DROST A. W. (1908). — Hartrot ziekte in kokos, Jaarverslag over 1907. *Insp. Landb. W. India*, Trinidad, p. 19-20.
- [13] KASTELEIN P., KARYOSEMITO C., SEGEREN P. (1984). — The role of weeds in the incidence of « hartrot » or « Fatal wilt » of Palms. III. *Surinaamse Landbouw*, 32, p. 25-42.
- [14] LAFONT A. (1909). — Sur la présence d'un parasite de la classe des flagellés dans le latex de *Euphorbia pilulifera*. *C. R. Soc. Biol.*, Fr., 66, p. 1011-1013.
- [15] LOPEZ G., GENTY P., OLLAGNIER M. (1975). — Contrôle préventif de la « Marchitez sorpresiva » de l'*Elaeis guineensis* en Amérique latine (bilingue esp.-fr.). *Oléagineux*, 30, N° 6, p. 243-250.
- [16] MCCOY R. E., RODRIGUEZ R. A., GUZMAN J. A. (1984). — *Phytomonas* flagellates associated with diseased coconut palm in Central America. *Plant Disease*, 68, p. 537.
- [17] MARTINEZ-LOPEZ G., JIMENEZ O., MENA-TASCON E. (1980). — Flagellated protozoan in coconut palms in the South West of Colombia. *Proc. 4th Int. Counc. Lethal Yellowing* — 1979 — *Univ. Fla. Agric. Rep.*, 80-1, p. 17.
- [18] PARTHASARATHY M. V., VAN SLOBBE W. G., SOUDANT C.

- (1976). — Trypanosomatid flagellate in the phloem of diseased coconut palms. *Science*, 192, p. 1346-1348.
- [19] PERTHUIS B., DESMIER de CHENON R., MERLAND E. (1985). — Mise en évidence du vecteur de la Marchitez sorpresiva du palmier à huile, la punaise *Lincus lethifer* Dolling (Hemiptera Pentatomidae Discocephalinae) (bilingue fr.-angl.) *Oléagineux*, 40, N° 10, p. 473-476.
- [20] PETRY K., BALTZ T., DOLLET M. (1985). — Monoclonal antibodies for detection of *Phytomonas* sp., flagellate protozoa associated with plant diseases. AAB Virology group meeting: « *New Developments in techniques for virus detection* », Cambridge, 10-12 April.
- [21] SEGEREN P., ALEXANDER V. T. (1984). — The role of weeds in the incidence of hartrot or « fatal wilt » of palms. I. — The effect of weeding in coconuts. *Surinaamse Landbouw*, 32, p. 7-12.
- [22] Van SLOBBE W. G., PARTHASARATHY M. V., HESEN J. A. J. (1978). — Hartrot or fatal wilt of palms. II. — Oil palm (*Elaeis guineensis*) and other palms. *Principes*, 22, p. 15-25.
- [23] STAHEL G. (1931). — Zur Kenntnis der Siebrohrenkrankheit (Phloemnekrose) des Kaffeebaumes in Surinam. I. — Mikroskopische Untersuchungen und Infektionsversuche. *Phytopathol.*, 4, p. 65-82.
- [24] STAHEL G. (1954). — Die Siebrohrenkrankheit (Phloemnekrose, Flagellatose) des Kaffeebaumes. *Netherl. J. Agric. Sci.*, 4, p. 260-264.
- [25] STRONG R. P. (1924). — Investigations upon flagellate infections. *Am. J. Trop. Med.*, 4, p. 345-385.
- [26] WATERS H. (1978). — A wilt disease of coconuts from Trinidad associated with *Phytomonas* sp., a sieve tube-restricted protozoan flagellate. *Ann. Appl. Biol.*, 90, p. 293-302.

SUMMARY

Research into Hartrot of the coconut, a disease caused by *Phytomonas* (Trypanosomatidae), and into its vector *Lincus* sp. (Pentatomidae) in Guiana.

C. LOUISE, M. DOLLET and D. MARIAU, *Oléagineux*, 1986, 41, N° 10, p. 437-449.

Since 1979, the IRHO has carried out research in Saut-Sabbat, French Guiana, on a disease of coconut, Hartrot, associated with the presence of a intraphloemic protozoan of the *Phytomonas* genus (*Trypanosomatidae*). Using five different coconut varieties: Malayan Yellow Dwarf (MYD), Cameroon Red Dwarf (CRD), Equatorial Guinea Green Dwarf (EGD), West African Tall (WAT) and the PB-121 hybrid (WAT × MYD), varietal performance studies were initially undertaken, then followed by research into the disease's epidemiology. All varieties proved to be sensitive. The Hartrot vector in Guiana is a bug, *Pentatomidae*, of the *Lincus* genus, probably *L. croupius*, though two other species were reported at Saut-Sabbat: *L. apollo* and *L. dentiger*. Treatments repeated every two months with lindane halted the spread of the disease. However, as this product is dangerous and prohibited in certain regions, trials with three other insecticides were carried out. Only deltamethrine seems promising. Intralaticiferous *Phytomonas* were found on two *Euphorbia* species: *Euphorbia hirta* and *Euphorbia hyssopifolia*. Nonetheless, this contamination only appeared belatedly, whilst Hartrot had already devastated the coconuts. They therefore cannot be incriminated as a primary source of the disease in Guiana.

RESUMEN

Investigaciones sobre Hartrot del cocotero, enfermedad de *Phytomonas* (Trypanosomatidae) y su vector *Lincus* sp. (Pentatomidae) en Guayana.

C. LOUISE, M. DOLLET, D. MARIAU, *Oléagineux*, 1986, 41, N° 10, p. 437-449.

El IRHO está llevando a cabo desde el año 1979 en Saut-Sabbat, en Guayana francesa, investigaciones sobre una enfermedad de los cocoteros, llamada Hartrot, asociado con la presencia de un protozooario intrafloémico del género *Phytomonas* (*Trypanosomatidae*). Se disponía de 5 variedades distintas de cocotero: Enano Amarillo de Malasia (NJM), Enano Rojo Camerún (NRC), Enanos Verdes de Guinea Ecuatorial (NVG), Grande Oeste Africano (GOA) e híbridos PB-121 (GOA × NJM), iniciándose primero estudios de comportamiento de las variedades con seguimiento de la epidemiología de la enfermedad, y resultando sensibles todas las variedades. El vector de Hartrot en Guayana es un chinche *Pentatomidae* del género *Lincus*, probablemente *L. croupius*, pero se anotaron otras dos especies en Saut-Sabbat, o sea *L. apollo* y *L. dentiger*. Tratamientos repetidos cada dos meses con lindane cortaron el avance de la enfermedad, pero por tratarse de un producto peligroso y prohibido en algunas regiones, se iniciaron ensayos con otros tres insecticidas, resultando el único producto promotor la deltametrina. Se encontró *Phytomonas* intralaticíferos en dos especies de euforbias, *Euphorbia hirta* y *Euphorbia hyssopifolia*, manifestándose bastante tarde esta contaminación, cuando el Hartrot ya había hecho estragos en los cocoteros, por lo que no se puede considerar a estos protozoarios la fuente primaria de la enfermedad en Guayana.

Research into Hartrot of the coconut, a disease caused by *Phytomonas* (Trypanosomatidae), and into its vector *Lincus* sp. (Pentatomidae) in Guiana

C. LOUISE (1), M. DOLLET (2) and D. MARIAU (3)

INTRODUCTION

Hartrot of the coconut has been known in Suriname since the beginning of the century [Drost 1908]. However, it was not until 1976 that Parthasarathy *et al.* enabled the first glimpse to be had of this disease's etiology with the discovery of the presence of *Phytomonas* (Flagellate protozoa of the *Trypanosomatidae* family) in the sieve tubes of phloem from diseased coconuts.

(1) Entomologist, IRHO-CIRAD, B.P. 701, 97387 Kourou Cedex (French Guiana).

(2) Virologist, IRHO-LPRC-CIRAD Department, B.P. 5035, 34032 Montpellier Cedex (France).

(3) Director of the IRHO-CIRAD Entomology Division, B.P. 5035, 34032 Montpellier Cedex (France).

In the years which followed, *Phytomonas* were also found to be associated with decaying coconuts — showing syndromes very close if not identical to those of Hartrot — in Trinidad [Waters, 1978], Ecuador [Dollet *et al.*, 1979], Colombia [Martinez-Lopez *et al.*, 1980], Brazil [Bezerra and De Figueiredo, 1982] and Costa Rica [McCoy *et al.*, 1984].

Hartrot is a limiting factor for coconut development in several regions of Latin America, as the disease causes trees to perish within a few weeks, creating very considerable foci. Mortality rates of up to 90 p. 100 in 5 years have thus been recorded in Suriname on small plots of 1 ha or less [Segeren and Alexander, 1984].

This type of *Phytomonas* disease is one of the greatest phytopathological problems in Latin America. In fact, in addition

to Hartrot, intraphloemic *Phytomonas* are also specifically associated with a disease of the oil palm *Elaeis guineensis*, namely « Marchitez » [Dollet *et al.*, 1977 ; Dollet and Lopez, 1978] and with « phloem necrosis » of the coffee tree [Stahel, 1931].

Phytomonas have been known since 1909 [Lafont, 1909 ; Donovan, 1909] as latex parasites in laticiferous plants, principally *Euphorbiaceae* and *Asclepiadiaceae*, transmitted by bugs belonging to the *Lygaeidae* or *Coreidae* families [Dollet, 1984].

In 1977, the IRHO planted two small 5 ha plots of coconuts surrounded by forest in the Saut-Sabbat (Northeast) region of Guiana (Fig. 1). This coconut grove, which was planted to create a « living collection », soon proved to be an excellent basis for the study of Hartrot. This article describes the work and observations which have been carried out there since 1979 with respect to epidemiology, the varietal sensitivity of coconuts and transmission by the insect.

I. — EPIDEMIOLOGY

1. — Hartrot in Guiana.

Thirty or so years ago, the coconuts planted around Sinnamary were decaying. The symptoms resembled those of Hartrot, but no etiological research was undertaken.

In 1979, Pastel, from Plant Protection, informed the IRHO of the existence of sudden decay on coconuts in the Mana and Sinnamary regions. The symptomatological study of this decay led to the existence of Hartrot in Guiana being diagnosed.

In April 1981, the first cases of Hartrot were identified on plot 2 of the IRHO Saut-Sabbat coconut grove. Around July 1984, a focus was discovered at Organabo, fifteen or so kilometres to the East of the Saut-Sabbat coconut grove. Then, in January 1985, a new focus was reported near Sinnamary. Finally, in October 1985, several coconuts affected by Hartrot were found fifteen or so kilometres to the South of Saint Laurent du Maroni on the Suriname border.

Hence, the disease exists along the entire coastal strip of Guiana, from Suriname to Sinnamary and doubtless even beyond, as it exists in Brazil.

2. — Hartrot at Saut-Sabbat.

At Saut-Sabbat, there are five varieties of coconut planted, distributed as follows (Fig. 1).

Plot	Variety	Nbr. of rows	Total nbr. of coconuts planted
1	Port Bouet 121 (PB-121) hybrid (WAT × MYD)	7	151
	West African Talls (WAT)	24	517
	Cameroon Red Dwarfs (CRD)	10	278
2	Equatorial Guinea Green Dwarfs (EGD)	10	275
	Malayan Yellow Dwarfs (MYD)	19	533

Starting with three cases in April 1981 (two Yellow Dwarfs and one Green Dwarf), Hartrot quickly developed up to the beginning of 1983, originating from a focus which appeared in the EGD. At this date, 40.7 p. 100 of this variety of coconut were diseased or dead. Within the same period, Hartrot advanced much more slowly in the MYD and CRD : 12.4 and 10.1 p. 100 mortality respectively at the same date (Fig. 2).

Subsequent to endrin treatment in the circles around the coconuts (solution at 0.15 p. 100 a.i.), which was carried out in October 1982, December 1982 and February 1983, the advance of the disease in the EGD was halted and was considerably slowed down in the other Dwarf varieties. From February to August 1983, mortality increased by : 0 p. 100 for the EGD, 0.7 p. 100 for the CRD and 3.7 p. 100 for the MYD.

In August 1983, a new focus broke out in the Yellow Dwarfs and spread rapidly, with death due to Hartrot in this variety rising 16.1 to 49.2 p. 100 in one year. When this focus reached the Red Dwarfs, it advanced much more slowly, whereas it continued to spread at the same rate among the Yellow Dwarfs.

On the other hand, only 4 new cases of Hartrot were identified in the Green Dwarfs between February 1983 and May 1984 (Fig. 2). It was at this latter date that a new focus appeared in

this variety and spread rapidly. Mortality rose from 42.2 p. 100 in nine months.

At the same time in plot 1, although only a few isolated cases had been found until then, a focus appeared around October 1983 in the PB-121 hybrids. In order to follow its evolution, nothing was done about the disease and it developed freely. Under these conditions, it spread like wildfire, decimating almost all the hybrid coconuts in 9 months.

The disease spread much less rapidly in the WAT. If a comparison is made of the disease's evolution in hybrid rows 6 and 7, next to the WAT, and in WAT rows 8, 9 and 10, next to the hybrids, on the 13th March 1984 there was a comparative number of apparently healthy coconuts, 33 and 31 respectively. The advance of Hartrot along these rows over the following 4 months is summarized in the following table :

Variety	Initial nbr. of coconuts	Cases of Hartrot from 13/3 to 14/5		Cases of Hartrot from 14/5 to 17/7		Cumulated Total	
		Nbr.	p. 100	Nbr.	p. 100	Nbr.	p. 100
PB-121	33	12	36	17	52	29	88
WAT	31	2	6	4	13	6	19

It was only later, in February 1985, that the focus began to spread rapidly in the WAT.

Generally speaking, Hartrot appeared in Saut-Sabbat when the trees were 4 or 5 years old. It first appears as a few isolated cases. After a more or less long period, depending on the varieties, a focus appears and quickly spreads, leading to the almost total destruction of the coconuts.

II. — VARIETAL SENSITIVITY

All the varieties studied : Malayan Yellow Dwarf (MYD), Cameroon Red Dwarf (CRD), Equatorial Guinea Green Dwarf (EGD), West African Tall (WAT) and the Port-Bouet Hybrid (PB-121) are sensitive to Hartrot. It is probable that there would have remained no coconuts at all if no insecticide treatment had been carried out (Fig. 3).

The spread of the disease is roughly the same in the different varieties, the main difference being the moment the focus appears, before going on to spread rapidly.

It can also be seen that certain trees only become diseased well after their neighbours.

In addition, on plot 2, there remain two Yellow Dwarfs in a zone devastated by the disease for several months. These coconuts have not received any treatment for more than a year and a half and are still not diseased.

III. — INSECT TRANSMISSION TRIALS

As the *Phytomonas* of latex bearing plants are transmitted by bugs [Dollet, 1984], it was towards this family of insects that research of oil palm Marchitez and coconut Hartrot vectors was directed. After following several false leads, this research work led to the detection of a bug, *Hemiptera Pentatomidae*, of the *Lincus* genus, both on oil palms affected by Marchitez in Ecuador and on coconuts affected by Hartrot in Guiana [Desmier de Chenon *et al.*, 1983 ; Desmier de Chenon, 1984]. To demonstrate their role in the transmission of Hartrot, transmission trials were undertaken in cages.

Two 3-m high cages with 5 m sides were constructed with a wooden frame covered with metallic mosquito netting. 8 MYD and 8 EGD were planted in each cage as per the layout shown in figure 4. A mulch of dried grass was placed around the foot of each coconut, which, at the beginning of the experiment, were approximately 18 months old.

The bugs were harvested in plot 2 from the lowest 3 fronds of each coconut, whether diseased or not. Each set of insects was released in cage No. 1 onto a different coconut each time. Cage No. 2, into which no insects were released, served as a control.

Releasing began on 5th November 1984. Within a year, 2,873 *Lincus* larvae and 832 adults were thus introduced into cage No. 1.

The first case of Hartrot occurred in March 1985 on coconut No. 5, i.e. only 4 months after the first bugs were released onto the coconut. In effect, it is probable that, during the first

introduction of *Lincus* into the cage two weeks beforehand onto coconut No. 1, bugs moved to neighbouring coconuts (2 and 5). Hence, this gives us an incubation period of 4.5 months for coconut No. 5.

For the other cases, we obtain a calculated incubation period of 6 to 8 months in general (time between the first release of insects onto the coconut and the appearance of symptoms). Only one exception, No. 14, showed signs of the disease almost a year after the first insects were released onto it. In fact, it is probable that it was not contaminated at that time, but later when a second batch of insects was released onto the same coconut (No. 14) on 19th April 1985. If it is taken that contamination only occurred as from this date, an incubation period of 8.5 months is obtained.

Sixteen months after the start of the experiment, 11 out of the initial 16 coconuts were killed by Hartrot in the cage into which insects had been released, whilst the coconuts in the control cage (No. 2) were untouched. Of the 11 dead coconuts, there were 8 EGD and only 3 MYD.

It therefore seems that, at least at this age, the Green Dwarfs are more sensitive to Hartrot than the Yellow Dwarfs.

For the first few months during which bugs of the *Lincus* genus were introduced into the cages, no particular attention was paid to the specific determination of each insect introduced, as there only seemed to exist a single species. Subsequently, the results of determinations by specialists revealed that at least 3 different species existed at the Saut-Sabbat site: *L. croupius* Rolston, *L. apollo* Dolling [Dolling, 1984] and *L. dentiger* Breddin [Morin, Maldes, *personal communication*].

The species introduced were thus checked from March 1985 onwards, after the first case appeared. From this date to the end of introductions, only the species *L. croupius* seems to have been introduced. New studies are therefore underway to see: 1) whether there are variations in the different populations of the different *Lincus* species in the Saut-Sabbat coconut grove during the course of the year; 2) whether or not all the species are vectors, through strictly controlled monospecific introductions in the cage.

IV. — BEHAVIOURAL STUDY OF THE *LINCUS* SP. HARTROT VECTOR IN GUIANA

According to the determinations carried out during the study, the behavioural observations we made seem to involve *L. croupius* only.

The *Lincus* sp. congregates on the coconut around the leaf sheaths. The bugs preferably attach themselves to the underside of petiole bases and in the stipules, but they can also be found on the upper part of the petiole base.

In order to determine the distribution of the bug population inside a coconut, 35 coconuts affected by Hartrot had their leaves completely removed and the number of *Lincus* found per frond was noted down. The result is given in figure 5. It involves a population of 327 adults and 1,819 larvae.

It appears that the population is concentrated in the lower part of the leaf crown, as 86.2 p. 100 of the larvae and 79.6 p. 100 of the adults are found in the lowest 7 fronds.

In fact, *Lincus* seems to be linked to the « terricolous » environment which forms inside the leaf sheaths, consisting among other things, of the remains of male flowers. As this environment gradually diminishes going up the tree, the bugs become fewer and fewer and disappear altogether when the petiole bases are « clean ».

Likewise, when the insects are introduced into the cage, the bugs were initially found in the mulch around the foot of the coconut. Then, as the terricolous environment formed, they colonized the trees.

This particular biotope upon which *Lincus* seems dependent, may explain why the disease only appears in the field once the trees are 4 to 5 years old. In effect, this environment does not form on young coconuts. Nonetheless, cases of Hartrot have been observed on coconuts under 2 years in Suriname [Alexander, Dollet; *unpublished observations*].

Further, coconuts are indeed already sensitive to Hartrot at two years, as shown by the transmission experiment in cages.

It should be noted, however, that the insect may be found, if rarely, outside this biotope, under the rachis of a frond, high up in broad daylight, or at the base of leaflets on a frond, up about a third of its length.

Bugs were marked on their front wings and the prothorax with nail varnish before being released into the cage. It was thus observed that *Lincus* moves around very little and that, when it

does move, it goes from a coconut where the population is small to a tree where the population is larger, as if the insects are attracted towards each other. Moreover, they are often found in colonies on the ground. It would seem that *Lincus* produces an aggregation substance.

The eggs are laid in a string of 7 to 9 eggs. They are also found in the leaf sheaths, mostly on the underside of the peduncular bases. A parasite is known: a hymenoptera *Scelionidae* of the *Telenomus* genus.

V. — CHEMICAL CONTROL

Given the results obtained against Marchitez of the oil palm [Lopez *et al.*, 1975], endrin treatment was undertaken at the end of 1982 and at the beginning of 1983 (Fig. 3). However, this product is forbidden for agricultural uses in French Guiana and the trials could not be continued for lack of the product.

Systematic treatment was carried out every two months from March 1985 onwards. The product used was Proactif 90, at 90 p. 100 lindane. All the petiole bases are treated, along with the circle around the foot of the coconut. About 3.5 l of the solution (1 g/l of commercial product) are sprayed for each tree.

All plot 1 and the first 14 coconuts of each row in plot 2 are treated. The other half of plot 2 is used to supply material, particularly bugs, for the cage transmission trials.

The result obtained is highly significant in plot 1 (Fig. 6): the spread of the disease has been practically halted since October, i.e. 6.5 to 7 months after the first treatment. The incubation period here is thus virtually the same as that obtained in the cage contaminations.

From October 1985 to March 1986, there was a new case of Hartrot per month for the whole of plot 1. The explanation for this is simple: given the small size of the plot, a few bugs can re-colonize it from the adjacent forest between treatments.

For plot 2: the overall results are less spectacular (Fig. 3). However, if a comparison is made of treated and non-treated zones (Fig. 7), it can be seen that the spread of Hartrot is much more rapid in the non-treated zone.

In addition, monthly *Lincus* counts were made on the whole of plot 2. Before the start of systematic treatments, the population was quite abundant and relatively uniformly distributed: the results of counts from November 1984 to March 1985 give an average of 1.49 larvae and 0.48 adults per coconut for the zone which was going to be treated, as opposed to 1.30 larvae and 0.81 adults for the control zone.

As soon as treatments began, *Lincus* populations practically disappeared in the treated zone (Table I): 0.09 larvae and 0.02 adults per coconut, whilst they considerably increased in the non-treated zone: 4.34 larvae and 1.97 adults per coconut on average. The population did not, however, completely disappear in the treated zone: a few insects are still found there sporadically. The insects return from the non-treated zone, which represents a considerable focus, and re-colonize the entire plot between treatments. Without a doubt, this explains the relatively rapid spread of the disease, which is still encountered even now in the treated zone, as opposed to the situation in plot 1.

We thus have a substitute product for endrin in the fight against Hartrot. Unfortunately, as with other organochlorines, lindane is a dangerous product because of its cumulative effects and its concentration in food chains; its use in agriculture is therefore forbidden in certain countries (notably Brazil) where this disease is rife. Other products have therefore been tried: three have been selected from the range of products available locally, with lindane used as a control.

The trials were conducted on coconuts affected by Hartrot. A brief preliminary examination of the lowest two fronds provided an idea of the *Lincus* population in the trees treated. The 16 coconuts used (4 per product) received 3.5 litres of an insecticide solution at the desired concentration; 8 to 10 days after treatment all the leaves were removed from the trees and the number of bugs per frond were counted. The result is given in table II.

Diazinon and dimethoate are ineffective against *Lincus* as 79 p. 100 and 90 p. 100 respectively of the bug population was found to be alive after treatment. However, deltamethrine and lindane are effective. It should be noted that the deltamethrine was, in this case, used at a rate two to four times greater than that normally used. Nonetheless, these recent trials have shown its effectiveness against *Lincus* at a rate of 2 g a.i./l.

VI. — ROLE OF WEEDS IN HARTROT EPIDEMIOLOGY

The examination of latex from *Euphorbiaceae* or *Asclepiadiaceae* in and around coconut groves affected by Hartrot or oil palm groves affected by Marchitez in Ecuador, revealed the existence of *Phytomonas* on weeds of the two genera *Euphorbia* and *Asclepias* [Dollet *et al.*, 1979].

The morphological characteristics of these intralaticiferous weed *Phytomonas* are identical to those of intraphloemic *Phytomonas* in the oil palm and coconut. A computerized morphological study using discriminant analyses and principal components does not enable a clear distinction to be made between these different organisms [Cambrony *et al.*, 1981].

Since 1979, we have thus followed the evolution of latex bearing weeds in the Saut-Sabbat coconut grove in Guiana. The *Euphorbiaceae* started becoming abundant in 1982. At that time, expanses of *Euphorbia hirta* could be seen in the disease foci involving EGD and in zones left clear by dead coconuts; to a lesser extent, there were zones covered over with *E. prostrata* and there were *E. hyssopifolia* on the access tracks. However, an examination of the latex from these plants revealed no *Phytomonas* in 1982. It was only at the beginning of 1985 that we observed *Phytomonas* for the first time in *E. hyssopifolia* and *E. hirta* in the Saut-Sabbat coconut grove. On the other hand, the other *Euphorbiaceae* present at that time, *E. heterophylla*, *Croton hirtus* and *Phyllanthus urinaria* contained none whatsoever. It should be noted that, at that time, plot 1 was practically bare ground (*Pueraria* and windrows removed) and that numerous *Croton hirtus* and *E. hyssopifolia* were growing there.

Different species of bugs frequent the weeds in this coconut grove, including, among others, the following:

- Coreidae *Hypselonotus fulvus* De Geer on *Croton hirtus*,
- Coreidae *Hypselonotus interruptus* Hahn on *Cuphea* sp.,
- Coreidae *Chariesterus cuspidatus* Distant on *E. hyssopifolia*.

As tufts of *Croton hirtus* and *E. hyssopifolia* are sometimes mixed, *H. fulvus* is sometimes found on *E. hyssopifolia*.

As regards *C. cuspidatus*, it was suspected in 1924 by Strong to be the *Euphorbiaceae* *Phytomonas* vector in Colombia and Panama.

The presence of *Phytomonas* on latex-bearing plants in this coconut grove was checked between 1979 and 1982, but the inspections could obviously not be exhaustive. Nonetheless, it does seem that these plants were colonized by *Phytomonas* well after Hartrot had spread.

This situation therefore begs several questions.

— Are the *Euphorbia* parasitic *Phytomonas* the same as those in coconut? If so, the weeds would not seem to have played a role in the initial phase of contamination in the plot, though they could have subsequently served as a relay plant.

— How do the *Phytomonas* move from the phloem of coconuts to the latex, or vice-versa? *Lincus* was never found on the latex-bearing plants in the coconut grove. Is there, therefore, a *Lygaeidae* or *Coreidae* insect capable of piercing the laticiferous tubes and then — even by accident — the coconut sieve tubes? In the latter case *Lincus* sp would be the vector-relay after primary infection by another vector.

— Or, are there involved two completely independent systems: 1) *Euphorbia* *Phytomonas* — specific vectors (*Lygaeidae* *Coreidae*), and 2) coconut *Phytomonas* sp. — *Lincus* (+ ? reservoir)?

In Suriname, numerous latex plants were found to be parasitized by *Phytomonas* near or in the coconut groves. They are also found on a *Moracea* without latex, *Cecropia surinamensis* [Kastelein *et al.*, 1984].

Two wild palms can also be stricken with decay associated with *Phytomonas*: *Maximiliana maripa* (Mart.) Drude in Suriname [Van Slobbe *et al.*, 1978] and *Attalea funifera* Mart. in Brazil [Bezerra and Oliveira, 1983].

In Guiana certain wild palms show symptoms of browning or drying up on the lower fronds. A detailed examination for the detection of *Phytomonas* should be undertaken.

CONCLUSION

The study of Hartrot at the Saut-Sabbat coconut grove, Guiana, has made it possible to considerably widen knowledge on Hartrot of the coconut.

The first point of interest concerns the varietal performance of coconuts. Unfortunately, at this level, all that could be ascertained was the sensitivity of the varieties studied (EGD, CRD, MYD, WAT and the WAT × MYD/hybrid) (1). New varieties were therefore planted in 1985, on another site, to test their sensitivity: Vanuatu Tall, Malayan Tall, Rennell Tall and Polynesian Tall. Local Tall coconuts, EGD, CRD and MYD are serving as controls. In addition, new introductions will be undertaken at the end of 1986.

The second main point of this study resides in the experimental proof of the role played by *Lincus* bugs as vectors of Hartrot. Hence, these bugs of the *Lincus* genus appear to be closely tied to the propagation of intraphloemic *Phytomonas* in Latin America. In 1954, Stahl had already suspected a *Lincus* species, *L. spathuliger*, as a possible vector of phloem necrosis of the coffee tree in Suriname. A *Lincus* bug, probably *L. lethifer*, is the vector of Marchitez in Ecuador [Perthuis *et al.* 1985].

Nonetheless, other *Lincus* species were found in coconut and oil palm groves affected by *Phytomonas* diseases in South America:

- *L. vandoesburgi* and *L. lamelliger* in Suriname [J. Asgarali, personal communication].
- *L. apollo* and *L. dentiger* in Guiana.
- *L. lobuliger* and *L. spathuliger* in Brazil [J. P. Morin, personal communication].

Does the possible vector unicity of these three diseases affecting coffee, coconut and oil palm mean that there is only one single pathogenic agent from Peru to Brazil, passing through Colombia and Costa Rica? To answer this question, intraphloemic *Phytomonas* have to be characterized. Nonetheless, failures in culturing them *in vitro* recorded up until now [Dollet, 1984] render this approach difficult. These failures also prevent serious discussions to be had on the relationship between weed *Phytomonas* and those of coconut. The first serological characterization trials, using polyclonal or monoclonal antibodies from a *Euphorbia* *Phytomonas* strain do not enable in depth conclusions to be drawn [Petry *et al.*, 1985].

Finally, the last result recorded in this study shows that it is possible to slow down the propagation of Hartrot, and probably halt it on a large surface area, such as that of a commercial plantation, where the risk of contamination from the forest would be less great. Potential vectors of the *Lincus* genus are being tested for their sensitivity to different insecticides from other regions of Latin America and effective preventive treatments can be carried out depending on the insects' population levels, at a frequency determined according to the speed of the plots' recontamination by the insects. Nonetheless, additional trials are required to rationalize these treatments. On the other hand, using organochlorines can only be a temporary solution (prohibited in certain countries, toxic to the environment). It is indispensable to have other insecticides on reserve, whilst waiting for the development of integrated control methods using results obtained with respect to tolerant varieties, reservoir plants, insect behaviour, its parasites, etc.

Acknowledgements. — We should like to thank Mr. P. Cario for his efficient technical collaboration in entomological research and Mr. C. Couturier for his participation in initial observations. Part of this work was subsidized by the EE Commission Scientific and technical R and D programme for Development 1983-1986, TSD-F-080.

(1) Even if the percentage and speed of propagation observed result from the small size of the plots and the surrounding forest, from where the vector probably comes